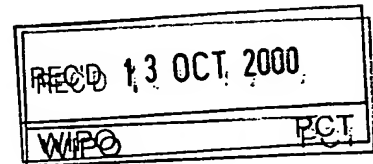


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

DE 00/02669

Aktenzeichen: 199 38 456.8

Anmeldetag: 13. August 1999

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung von Piezoaktoren mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen

IPC: H 01 L, H 02 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 04. Oktober 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Jerofsky

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

R. 36317

Verfahren zur Herstellung von Piezoaktoren mit einem
Mehrschichtaufbau von Piezolagen

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Piezoaktoren mit einem Mehrschichtaufbau von Piezolagen, beispielsweise für einen Piezoaktor zur Betätigung eines mechanischen Bauteils wie ein Ventil oder dergleichen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs und eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Es ist allgemein bekannt, Piezoaktoren mit Piezoelementen zur Ausnutzung des sogenannten Piezoeffekts herzustellen, die aus einem Material mit einer geeigneten Kristallstruktur aufgebaut werden. Der Aufbau dieses Piezoaktors erfolgt hier in mehreren Schichten (Mehrschicht-bzw. Mul-

tilayer-Piezoaktoren), wobei die Elektroden, über die die elektrische Spannung aufgebracht wird, jeweils zwischen den Schichten angeordnet werden. Diese piezoelektrischen Mehrschichtaktoren werden in herkömmlicher Weise durch Foliengießen, Aufdrucken der Elektroden und Laminieren hergestellt. Das Bedrucken, das Zwischentrocknen und das Laminieren sind hier sog. Batch-Prozesse. Die Piezoaktoren haben einige 100 Laminatschichten, wobei die Kontaktierung durch zwei an den Seiten angebrachte Elektroden erfolgt. Die Innenelektroden müssen im Wechsel im Inneren des Aktors enden, da sonst ein Kurzschluss zum jeweiligen Gegenpol entstünde. An diesen Enden entstehen im Betrieb mechanische Spannungen, die zu einer schädlichen Rissbildung führen können und das Wachsen dieser Risse begrenzt im Betrieb letztlich die Lebensdauer des Piezoaktors.

Bei Anlage einer äußeren elektrischen Spannung an die Innenelektroden erfolgt eine mechanische Reaktion des Piezoelements, die in Abhängigkeit von der Kristallstruktur und der Richtung der elektrischen Spannung einen Druck oder Zug in eine vorgebbare Richtung darstellt. Durch eine elektrische Aufladung der Piezokeramikstapel dehnen sich diese aus oder ziehen sich zusammen. Der damit verbundene Hub der Piezokeramikstapel kann zum Schalten eines Ventils eingesetzt werden, beispielsweise zur Steuerung der Kraftstoffzumessung in einem Verbrennungsmotor.

Vorteile der Erfindung

Ein Verfahren zur Herstellung eines Piezoaktors mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus einer Piezofolie und mit dazwischen angeordneten Innenelektroden wird in vorteilhafter Weise dadurch weitergebildet, dass die einzelnen

Lagen der Piezofolie aus zwei durchgehenden Strängen, z.B. mit einem trapezförmigen Querschnitt, gebildet werden, wobei die beiden Stränge unter Einschluss der dazwischen liegenden Innenelektrode in Form einer Doppelhelix zur Bildung eines hohlzylindrischen Stapels übereinander gewickelt werden.

Mit der Erfindung kann auf einfache Weise ein Doppelhelix-Piezoaktor gebildet, bei dem aufgrund des vorteilhaften Aufbaus die eingangs beschriebene Ausfallgefahr durch eine Rissbildung stark vermindert ist. Es liegen hier zwei gegeneinander isolierte Dielektrikum-Elektrode-Paare als Doppelhelix vor. Der Piezoaktor hat die Form eines Hohlzylinders und die beiden Innenelektroden haben nur ein Ende an einer Stirnseite des Piezoaktors, wo die Außenkontaktierung erfolgt. Durch das kontinuierliche Fertigungsverfahren werden die eingangs erwähnten Batch-Prozesse und die Nachteile bei dem Betrieb des so hergestellten Piezoaktors vermieden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform sind die beiden Stränge derart über Umlenkrollen geführt, dass die Auflagen der beiden Stränge auf dem bereits gewickelten Stapel um einen vorgegebenen Winkelbetrag gegeneinander versetzt sind. Der vorgegebenen Winkelbetrag kann hier ca. 150° betragen.

Die Innenelektroden können auf einfache Weise dadurch zwischen die gewickelten Lagen gebracht werden, dass die beiden Stränge während der Führung über die Umlenkrollen mittels einer weiteren Rolle mit einer Elektrodenpaste versehen werden. Weiterhin können die beiden Stränge im Bereich der Auflage auf dem bereits gewickelten Stapel mit jeweils einer Anpressrolle auf den Stapel gedrückt werden.

Die beiden Stränge werden gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens jeweils mittels einer Extruderdüse aus einem Piezocompound extrudiert, dann um ein Leerrohr gewickelt und nach Erreichen einer vorgegebenen Länge abgetrennt. In einem Thermoverfahren kann der Stapel dann gesintert werden, wobei auch das Leerrohr entfernt wird. Für viele Anwendungsfälle, beispielsweise die piezogetriebene Ausführung einer Kraftstoff-Direkteinspritzung ist ein Piezoaktor mit einer zentraler Bohrung vorgesehen, was durch diese vorgeschlagene Bauform automatisch gegeben ist.

Ein vorteilhafte Vorrichtung zur Anwendung des zuvor beschriebenen Verfahrens weist eine Extruderdüse zur Bildung der Stränge, drei Umlenkrollen zur Führung der Stränge, zwei Anpressrollen zur Aufbringung der Stränge auf den Stapel, mindestens zwei Druckrollen zur Aufbringung der Elektrodenpaste und ein Leerrohr zur Zentrierung des hohlzylindrischen Stapels auf.

Diese und weitere Merkmale von bevorzugten Weiterbildungen der Erfindung gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich allein oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei der Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können, für die hier Schutz beansprucht wird.

Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Herstellung eines Mehrschicht-Piezoaktors wird anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Schematische Ansicht der Vorrichtung zur Herstellung eines Doppelhelix-Aufbaus der Piezolagen;

Figur 2 eine Draufsicht auf die Anordnung nach der Figur 1;

Figur 3 eine Detailansicht von Anpressrollen beim Aufwickeln der Stränge auf den Stapel und

Figur 4 eine Detailansicht des Aufdrucks der Elektrodenpaste zur Bildung der Innenelektroden auf den Strängen.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Eine Vorrichtung 1 nach Figur 1 enthält eine Extrudereinrichtung 2, mit der zwei parallele Stränge 3 und 4 eines speziellen Piezocompounds aus entsprechenden Düsen extrudiert werden. Beide Stränge 3 und 4 haben einen trapezförmigen Querschnitt, um die größere Verformung der Außenseite bei der Wicklung auszugleichen. Die Stränge 3 und 4 werden parallel über eine erste Umlenkrolle 5 und eine zweite Umlenkrolle 6 geführt. Eine dritte Umlenkrolle 7 führt einen der Stränge 4 derart umgelenkt in Gegenrichtung und um ca. 30° ausgelenkt zurück, dass die beiden Stränge 3 und 4 dann um ca. 150° versetzt auf die bereits fertigen Wicklungen des Stapels des Piezoaktors 8 gewickelt werden.

Aus Figur 2 ist die Vorrichtung 1 nach der Figur 1 noch einmal in einer Draufsicht zu entnehmen. Figur 3 zeigt die Bildung des Stapels des Piezoaktors 8 im Detail, wobei hier insbesondere jeweils eine Anpressrolle 9 für den Strang 3 und eine Anpressrolle 10 deutlich zu erkennen ist. Die Anpressrollen 9 und 10 drücken die Stränge 3

und 4 jeweils auf die untere Wicklung und sorgen so für eine gute Verbindung der Lagen des Stapels des Piezoaktors 8. Ein Leerrohr 11 aus Kunststoff, das von oben zugeführt werden kann, sorgt hier für die gute Zentrierung des Stapels des Piezoaktors 8.

Figur 4 zeigt eine Möglichkeit der Aufbringung einer Elektrodenpaste 12 auf die Stränge 3 und 4. Die Aufbringung erfolgt hier über Rollen 13 und 14 auf die eine Seite der Stränge 3 und 4 durch Aufrollen der Paste 12 während der Herstellung der Wicklung. Es entsteht somit während der Herstellung ein unendlich langer Grundkörper des Piezoaktors 8, der auf ein für den jeweiligen Anwendungsfall gefordertes Maß abgeschnitten werden kann. Durch eine thermische Behandlung des gewickelten Stapels des Piezoaktors 8 werden die Prozesshilfsmittel (Binder, etc.) aus dem Compound und der Elektrodenpaste entfernt und auch das Leerrohr 11 zersetzt. Danach wird der Grundkörper des Piezoaktors 8 gesintert.

R. 36317

Patentansprüche

- 1) Verfahren zur Herstellung eines Piezoaktors (8) mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus einer Piezofolie (3,4) und mit dazwischen angeordneten Innenelektroden, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die einzelnen Lagen aus zwei durchgehenden Strängen (3,4) der Piezofolie gebildet werden, wobei die beiden Stränge (3,4) unter Einschluss der dazwischenliegenden Innenelektrode in Form einer Doppelhelix zur Bildung eines hohlzylindrischen Stapels übereinander gewickelt werden.

- 2) Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass
 - die beiden Stränge (3,5) derart über Umlenkrollen (5,6,7) geführt werden, dass die Auflagen der beiden Stränge (3,4) auf dem bereits gewickelten Stapel um

einen vorgegebenen Winkelbetrag gegeneinander versetzt sind.

3) Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass

- der vorgegebenen Winkelbetrag ca. 150° beträgt.

4) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die beiden Stränge (3,4) während der Führung über die Umlenkrollen (5,6) mittels mindestens einer weiteren Rolle (13,14) mit einer Elektrodenpaste (12) versehen werden.

5) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die beiden Stränge (3,4) im Bereich der Auflage auf dem bereits gewickelten Stapel mit jeweils einer Anpressrolle (9,10) auf den Stapel gedrückt werden.

5) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Stränge (3,4) einen trapezförmigen Querschnitt aufweisen.

7) Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- die beiden Stränge (3,4) jeweils mittels einer Extruderdüse (2) aus einem Piezocompound extrudiert werden, dann um ein Leerrohr (11) gewickelt und nach Erreichen einer vorgegebenen Länge abgetrennt werden und dass
- in einem Thermoverfahren der Stapel entbindet und das Leerrohr (11) durch Zersetzung oder ähnliche Verfahren entfernt wird.

8) Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

- eine Extruderdüse (2) zur Bildung der Stränge (3,4), drei Umlenkrollen (5,6,7) zur Führung der Stränge (3,4), zwei Anpressrollen (9,10) zur Aufbringung der Stränge (3,4) auf den Stapel,
- mindestens eine Druckrolle (13,14) zur Aufbringung einer Elektrodenpaste (12) und ein Leerrohr (11) zur Zentrierung des hohlzylindrischen Stapels vorhanden ist.

R. 36317

Zusammenfassung

Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Piezoaktors (8) mit einem Mehrschichtaufbau von Lagen aus einer Piezofolie (3,4) und mit dazwischen angeordneten Innenelektroden, vorgeschlagen, bei dem die einzelnen Lagen aus zwei durchgehenden Strängen (3,4) der Piezofolie gebildet werden, wobei die beiden Stränge (3,4) unter Einschluss der dazwischenliegenden Innenelektrode in Form einer Doppelhelix zur Bildung eines hohlzylindrischen Stapels übereinander gewickelt werden. Die beiden Stränge (3,5) werden vorzugsweise derart über Umlenkrollen (5,6,7) geführt, dass die Auflagen der beiden Stränge (3,4) auf dem bereits gewickelten Stapel um einen vorgegebenen Winkelbetrag gegeneinander versetzt sind.

(Figur 1)

1/2

FIG. 1

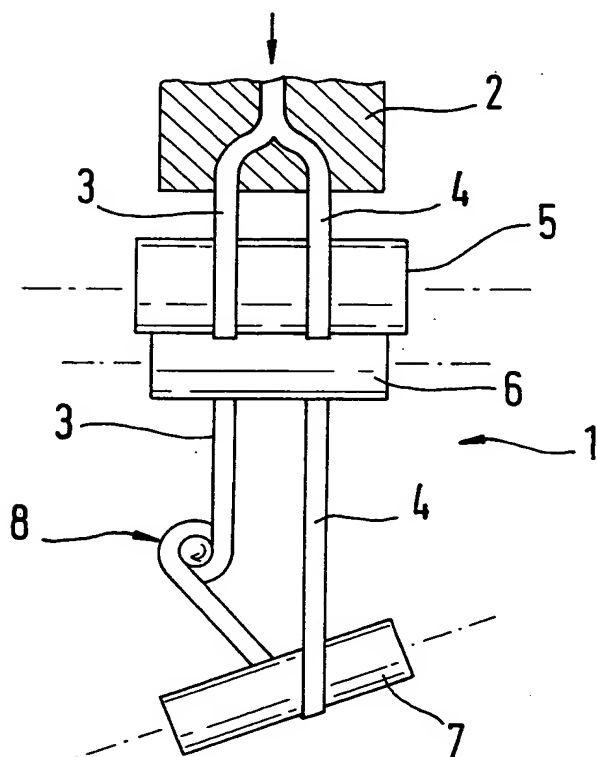
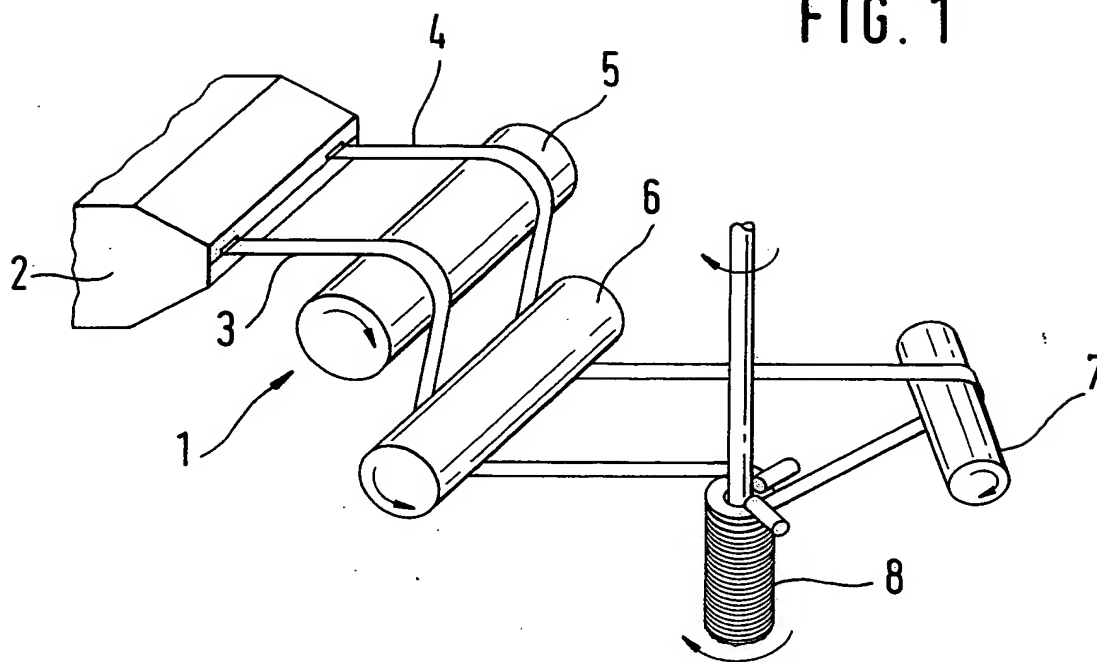


FIG. 2

2 / 2

FIG. 3

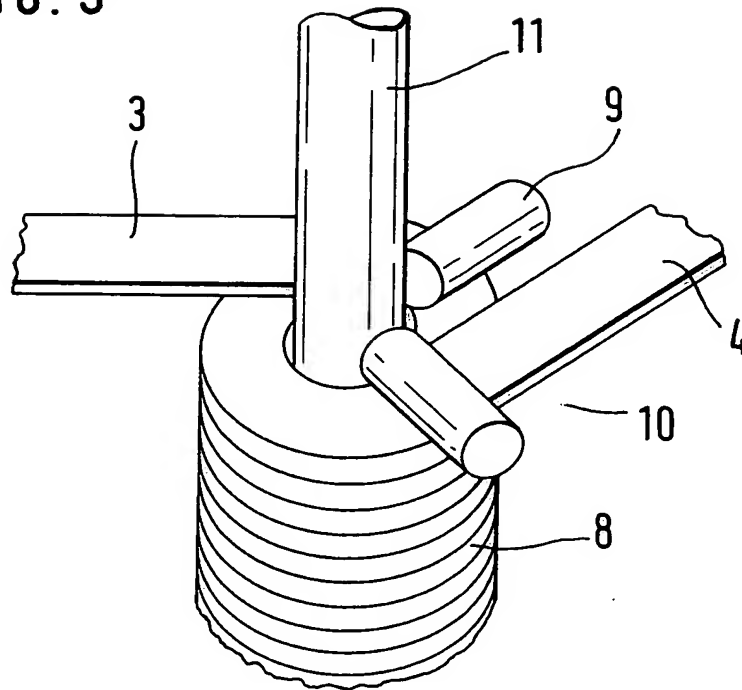
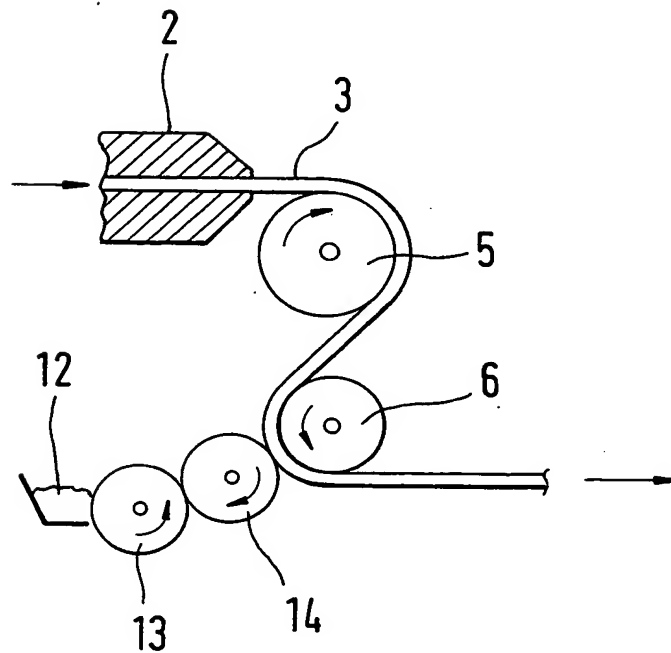


FIG. 4



THIS PAGE BLANK (USPTO)